



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

Rec'd PCT/PTO 17 NOV 2005

PCT/IB03/04810

28.10.03

**10/535483**

REC'D 17 NOV 2003

WIPO

PCT

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

02079915.1

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

**BEST AVAILABLE COPY**



Anmeldung Nr.:  
Application no.: 02079915.1  
Demande no.:

Anmeldetag:  
Date of filing: 20.11.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H01L/

Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

## Straling-emitterende halfgeleiderinrichting en werkwijze ter vervaardiging van een dergelijke inrichting

De uitvinding heeft betrekking op een straling-emitterende halfgeleiderinrichting met een halfgeleiderlichaam en een substraat, waarbij het halfgeleiderlichaam een verticale bipolaire transistor omvat met een emitter gebied, een basis gebied en een collector gebied die elk voorzien zijn van een aansluitgebied, waarbij de grens tussen het basis gebied en het collector gebied een pn-junctie vormt, en tijdens bedrijf bij een spanning over de pn-overgang of bij een voldoende hoge collector stroom avalanche multiplicatie van ladingsdragers optreedt waarbij straling gegenereerd wordt in het collector gebied. Een dergelijke inrichting vormt een aantrekkelijke alternatief voor het opwekken van lichtsignalen in halfgeleidermaterialen van het zogenaamde indirecte type waarin een LED (= Light emitting diode) niet effectief vervaardigd kan worden.

De uitvinding heeft tevens betrekking op een werkwijze ter vervaardiging van een dergelijke inrichting.

Een inrichting van de in de aanhef genoemde soort is bekend uit de publicatie van James J. Chen et. al met als titel "Breakdown Behaviour of GaAs / AlGaAs HBT's" in IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 36, no. 10, oktober 1989 pp. 2165 - 2172. Daarin is in Fig. 1 een bipolair transistor getoond met een n+ GaAs substraat met daarop achtereenvolgens een 1  $\mu\text{m}$  dikke n+ GaAs laag en een 0.4  $\mu\text{m}$  dikke n-GaAs laag die te samen de collector van de transistor vormen, een 0.2  $\mu\text{m}$  dikke p+ GaAs laag die de basis van de transistor vormt. Daarop bevindt zich de emitter van de transistor die een 0.2  $\mu\text{m}$  dikke n+ AlGaAs laag omvat en een 0.2  $\mu\text{m}$  dikke n+ GaAs laag. Bij het aanleggen van een voldoende grote spanning over de basis - collector pn-overgang wordt de emissie van licht waargenomen.

Een bezwaar van de bekende inrichting is dat een effectieve beschikbaarheid van de gegenereerde straling ontbreekt omdat een groot deel van de opgewekte straling door het omgevende halfgeleidermateriaal weer geabsorbeerd wordt of anderszins verloren gaat.

Het doel van de onderhavige uitvinding is dan ook een inrichting te verschaffen die het genoemde bezwaar niet of althans veel minder bezit en waarin de opgewekte straling effectief benut kan worden als signaal bron.

- Daartoe heeft volgens de uitvinding een inrichting van de in de aanhef
- 5 genoemde soort het kenmerk dat het collector gebied een dikte heeft waardoor transmissie van de gegenereerde straling optreedt en het collector gebied grenst aan een vrij oppervlak van het halfgeleiderlichaam.

- Door de geringe dikte van het collector gebied is het collectorgebied vrijwel transparant voor de gegenereerde straling. Doordat het collector gebied grenst aan het vrije
- 10 halfgeleideroppervlak kan relatief veel straling door het vrije halfgeleideroppervlak uit treden. De hoeveelheid straling kan ingesteld worden met de sperspanning over de basis-collector junctie en onafhankelijk daarvan met de grootte van de collectorstroom.

- Het collector gebied kan een aan het basis gebied grenzend eerste deelgebied, en een aan het eerste deelgebied grenzend tweede deelgebied bevatten dat een hogere
- 15 geleidbaarheid heeft dan het eerste deelgebied. Het is voordelig wanneer het tweede deelgebied van het collector gebied een geringere dikte bezit dan het eerste deelgebied en grenst aan het vrije oppervlak van het halfgeleiderlichaam.

- De inrichting berust allereerst op het inzicht dat in een - ten opzichte van de bekende inrichting - omgekeerde structuur van de transistor en bij geschikt gekozen
- 20 afmetingen van deelgebieden van de collector enerzijds veel minder straling verloren gaat door absorptie en anderzijds de straling die beschikbaar is veel effectiever aangewend kan worden als signaalbron. Daarnaast berust de uitvinding op het inzicht dat met een werkwijze volgens de uitvinding een dergelijke omkering gemakkelijk gerealiseerd kan worden. Deze werkwijze die ondermeer inhoudt dat een halfgeleidersubstraat dat zich aan de collectorzijde
- 25 bevindt vervangen kan worden door bijvoorbeeld een substraat van glas aan de emitter zijde. De gegenereerde straling kan vrij uit het collector gebied treden omdat het collector gebied grenst aan het vrije oppervlak van het halfgeleiderlichaam. De gegenereerde straling behoeft niet meer door het dikke halfgeleidersubstraat te gaan zoals in de prior art. Daardoor zijn de absorptie verliezen zeer gering in een inrichting volgens de uitvinding. Verder kan een aan
- 30 het oppervlak van het halfgeleiderlichaam grenzende tweede deelgebied gemakkelijk bijzonder dun gemaakt worden met behulp van een werkwijze volgens de uitvinding. Immers er zijn substraten beschikbaar die voorzien zijn van een isolerende laag waarop zich een zeer dunne, bijvoorbeeld 20 nm dikke, hoog gedoteerde laag bevindt, in het bijzonder van het n+ geleidingstype. Een dergelijke structuur is bijzonder geschikt als uitgangspunt voor de

vervaardiging van een inrichting volgens de uitvinding met behulp van een werkwijze volgens de uitvinding.

De gegenereerde straling kan zoals bij de bekende inrichting zichtbaar licht omvatten. Een deel van de opgewekte straling omvat een stroom van ladingstraggers zoals bij voorkeur elektronen die uit het halfgeleiderlichaam kunnen treden en daarbij in een laag terecht kunnen komen die een elektroluminescerend materiaal bevat zoals een fosfor. Onder straling wordt hier dus ook elektronen straling begrepen die met behulp van een op de inrichting aangebracht elektroluminescerend materiaal in zichtbare straling wordt omgezet.

- In een voorkeursuitvoering van een inrichting volgens de uitvinding is het aan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam grenzende collector gebied bedekt met een elektrisch isolerende laag die transparant is voor de gegenereerde straling. Op de elektrisch isolerende laag bevindt zich een poort elektrode met een voor de gegenereerde straling transparant deel. Tijdens bedrijf van de inrichting is het tweede deelgebied van het collector gebied gevormd door een met behulp van de poort elektrode in het eerste deelgebied geïnduceerd geleidend kanaal. Een dergelijk kanaal kan bijzonder dun zijn hetgeen de effectieve beschikbaarheid van de gegenereerde straling bevordert. Deze variant berust op het inzicht dat een poortelektrode, die normaliter van een metaal is dat niet transparant is voor straling, zoals zichtbaar licht, op verschillende manieren voorzien kan worden van een voor straling transparant deel. Zo kan de gehele poortelektrode van een voor straling transparant maar toch elektrisch goed geleidend materiaal vervaardigd zijn, zoals een materiaal dat indium-tinoxide bevat. De isolerende laag kan met voordeel een elektroluminescerend materiaal bevatten zodat tijdens bedrijf uit het halfgeleiderlichaam tredende elektronen straling in zichtbare straling kan worden omgezet.

- In een verdere variant is de poortelektrode wel van een metaal zoals aluminium maar deze bezit dan een opening waardoor straling het halfgeleiderlichaam kan verlaten. Indien een dergelijke opening voldoende klein is, zoals in de orde van 1  $\mu\text{m}$  of kleiner, kan zich toch onder de gehele elektrode een ononderbroken geleidend kanaal vormen bij aanleg van een geschikte spanning op de poort elektrode.

- In een verdere aantrekkelijke variant van een inrichting volgens de uitvinding bezit een aan het collector gebied grenzend deel van het basis gebied een halfgeleidend materiaal met een kleinere bandafstand dan de rest van het basis gebied en het collector gebied. Hierdoor voert de inrichting bij een vergelijkbare spanning een grotere collector stroom hetgeen de effectiviteit van de generatie van straling bevordert.

In een belangrijke uitvoeringsvorm is het halfgeleiderlichaam met een tegenover het oppervlak waaraan het collector gebied grenst liggend verder oppervlak op het substraat bevestigd door middel van een lijmlaag. Dit maakt het mogelijk een halfgeleiderlichaam te maken met zo weinig mogelijk halfgeleidermateriaal dat de  
5 genereerde straling absorbeert. Zo kan onder meer het substraat van een geheel niet absorberend materiaal zoals glas vervaardigd zijn.

Bij voorkeur bevinden zich in zo'n geval de aansluitgebieden van het emitter gebied, het basisgebied en het collector gebied aan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam waaraan het collector gebied grenst. Dit maakt het mogelijk om in het geheel geen gebruik te  
10 maken van het substraat als elektrisch geleidend gebied.

In een bijzonder gunstige verdere uitvoeringsvorm bevindt zich op het oppervlak waaraan het tweede deelgebied grenst een stralingsgeleider die voorzien is van middelen voor het in de stralingsgeleider koppelen van de gegenereerde straling.

Met een dergelijke stralingsgeleider kan de gegenereerde straling gemakkelijk  
15 en evenwijdig aan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam verder geleid worden, bijvoorbeeld naar de rand van het halfgeleiderlichaam waar de straling kan oversteken naar een naburige afzonderlijk halfgeleiderlichaam, bijvoorbeeld naar een zich daarop bevindende soortgelijke stralingsgeleider. Met dezelfde middelen als waarmee de straling in de stralingsgeleider gekoppeld is, kan de straling weer daaruit en in een (ander)  
20 halfgeleiderlichaam gekoppeld worden en daar gedetecteerd worden, bijvoorbeeld met een stralingsgevoelige pn-overgang.

Met voordeel omvat het materiaal van het halfgeleiderlichaam silicium en omvat een eventueel deel van het basisgebied dat een halfgeleidermateriaal bevat met een kleinere bandafstand een samenstelling van silicium en germanium. Aldus ontstaat is een op  
25 zich zelf op zeer grote schaal toegepast halfgeleidermateriaal voorzien van een aantrekkelijke mogelijkheid voor "optische communicatie" zowel "inter als intra chip".

Een werkwijze ter vervaardiging van een straling-emitterende halfgeleiderinrichting, waarbij in een halfgeleiderlichaam een verticale bipolaire transistor gevormd wordt met een collector gebied, een basis gebied en een emitter gebied die elk  
30 voorzien worden van een aansluitgebied, heeft volgens de uitvinding het kenmerk, dat het halfgeleiderlichaam gevormd wordt als een dunne laag van een halfgeleidend materiaal gescheiden van een tijdelijk substraat door middel van een elektrisch isolerende laag en in het halfgeleiderlichaam de verticale bipolaire transistor gevormd wordt, vervolgens op een tegenover de elektrisch isolerende laag liggende zijde van het halfgeleiderlichaam het

substraat bevestigd wordt waarna het tijdelijk substraat verwijderd wordt. Aldus wordt een straling-emitterende halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding verkregen.

In een voorkeursuitvoering van een werkwijze volgens de uitvinding wordt het substraat door middel van een lijmlaag bevestigd op een tegenover de elektrisch isolerende laag liggende zijde van het halfgeleiderlichaam. Aldus wordt op eenvoudige wijze een voor de straling-emitterende halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding noodzakelijke omkering van de structuur van de bekende bipolaire transistor verkregen.

De elektrisch isolerende laag kan verwijderd worden bijvoorbeeld met een selectief chemisch etsmiddel waardoor het collector gebied grenst aan het vrije halfgeleideroppervlak.

Bij voorkeur wordt in een halfgeleidersubstraat een begraven isolerende laag gevormd wordt door middel van ionen implantatie waarbij het halfgeleiderlichaam gevormd wordt door het boven de isolerende laag liggende deel van het halfgeleidersubstraat en het tijdelijk substraat gevormd wordt door het onder de isolerende laag liggende deel van het halfgeleidersubstraat. Het kan ook zijn dat de dunne laag van een halfgeleidend materiaal gevormd wordt door de silicium laag van een silicon on insulator wafer. Een dergelijke werkwijze is bijzonder geschikt om met hoge opbrengst ook een geïntegreerde schakeling in het halfgeleiderlichaam te vormen. Dankzij de onderhavige uitvinding is een dergelijk IC dan voorzien van de mogelijkheid van een optische signaal uitwisseling. Daartoe wordt bij voorkeur op het verder oppervlak van het halfgeleiderlichaam waaraan het tweede deelgebied grenst een stralingsgeleider aangebracht die voorzien wordt van middelen voor het in de stralingsgeleider koppelen van de in de inrichting te genereren straling. De stralingsgeleider kan - op een andere plaats van het halfgeleiderlichaam - voorzien worden van soortgelijke middelen waarmee dan de straling weer in het halfgeleiderlichaam gekoppeld kan worden en aldaar gedetecteerd.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan de hand van een tweetal uitvoeringsvoorbeelden en de tekening, waarin

Fig. 1 schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting een eerste uitvoeringsvoorbeeld van een straling-emitterende halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding toont,

Figs. 2 t/m 5 schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting de inrichting van Fig. 1 tonen in opeenvolgende stadia van de vervaardiging met behulp van een uitvoeringsvorm van een werkwijze volgens de uitvinding, en

- Fig. 6 schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting en
- 5 tweede uitvoeringsvoorbeeld van een straling-emitterende halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding toont.

- De Figs. zijn niet op schaal getekend en sommige afmetingen, zoals met name
- 10 de afmetingen in de dikterichting zijn ter wille van de duidelijkheid overdreven weergegeven. Overeenkomstige gebieden of onderdelen zijn in de verschillende Figs. zoveel mogelijk van hetzelfde verwijzingscijfer voorzien.

- Fig. 1 toont schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting een eerste uitvoeringsvoorbeeld van een straling-emitterende
- 15 halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding. De inrichting 10 heeft een halfgeleiderlichaam 1 en een substraat 2. In het halfgeleiderlichaam 1 bevindt zich een verticale bipolaire transistor met een emitter gebied 3, een basis gebied 4 en een collector gebied 5 die elk voorzien zijn van een aansluitgebied 6,7,8. Het collector gebied 5 bevat een aan het basis gebied 4
- 20 grenzend eerste deelgebied 5A bevat en - althans tenminste tijdens bedrijf van de inrichting 10 - een aan het eerste deelgebied 5A grenzend tweede deelgebied 5B dat hoger gedoteerd is dan het eerste deelgebied 5A. De dikte en afmetingen van het eerste deelgebied 5A zijn hier zo gekozen dat bij een voldoende hoge spanning over de pn-overgang tussen het
- basisegebied 4 en het collector gebied 5 ten gevolge van avalanche multiplicatie van ladingsdragers straling gegenereerd wordt in het collector gebied 5.

- 25 Volgens de uitvinding bezit het tweede deelgebied 5B van het collector gebied 5 een geringere dikte dan het eerste deelgebied 5A en grenst het aan een vrij oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1. Hierdoor gaat enerzijds minder van de gegenereerde straling verloren door absorptie of anderszins en anderzijds is de gegenereerde straling gemakkelijker te gebruiken als signaal bron waarbij het signaal bijvoorbeeld naar een ander deel van de
- 30 halfgeleiderinrichting 10 geleid kan worden. In dit voorbeeld is het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 waaraan het tweede deelgebied 5 van het collector gebied 5 grenst, bedekt met een elektrisch isolerende laag 9 die transparant is voor de gegenereerde straling en waarop zich een poort elektrode 11 bevindt met een voor de gegenereerde straling transparant deel 11A. Tijdens bedrijf van de inrichting 10 is het tweede deelgebied 5B van



het collector gebied 5 gevormd als een met behulp van een geschikte potentiaal op de poort elektrode 11 in het eerste deelgebied 5A geïnduceerd geleidend kanaal nabij het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1. De poortelektrode 11 is hier van een metaal zoals aluminium en is voorzien van een opening 11A waardoor straling uit het halfgeleiderlichaam 1 kan treden. Bij voldoende kleine afmetingen van de opening 11A, hier een ronde opening met een diameter van b.v. 0.75  $\mu\text{m}$ , zal toch onder de elektrode 11 een ononderbroken kanaal gevormd zijn tijdens bedrijf van de inrichting 10.

In dit voorbeeld is het halfgeleiderlichaam 1 aan een tegenover het vrije oppervlak, waaraan het tweede deelgebied 5B van het collector gebied 5 grenst, liggend verder oppervlak op het substraat 2, dat hier glas bevat, bevestigd door middel van een lijmlaag 12. Aldus kan het verlies aan straling door absorptie verder beperkt worden. Bovendien kan een inrichting 10 volgens de uitvinding op deze manier gemakkelijk vervaardigd worden zoals verderop nog besproken zal worden. In verdere samenhang met deze vervaardiging bevinden zich hier de aansluitgebieden 6,7,8 van het emitter gebied 3, het basisgebied 4 en het collector gebied 5 aan het vrije oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 waaraan het tweede deelgebied 5B van het collector gebied 5 grenst.

Het emittergebied 3 is via een elektrische geleider doorverbonden met het emitter aansluitgebied 6 (in een achterliggend vlak van Fig. 1).

De inrichting 10 van dit voorbeeld bevat op het oppervlak waaraan het tweede deelgebied 5B van het collector gebied 5 grenst, een stralingsgeleider 14 die voorzien is van middelen 15 voor het in de stralingsgeleider 14 koppelen van de in de inrichting 10 gegenereerde straling. De geleider 14 bevat hier een 1  $\mu\text{m}$  dik strookvormig gebied van siliciumnitride dat op de isolerende laag 9, die hier van siliciumdioxide is, is aangebracht. Een kops uiteinde van de geleider 14 dat zich boven de opening 11A in de poortelektrode 11 bevindt is door middel van etsen voorzien van een schuin vlak dat een hoek van ongeveer 45 graden maakt met het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 en dat bedekt is met een aluminiumlaag 15 die als spiegelvlak fungeert. Aldus wordt de in de inrichting 10 gegenereerde straling in de geleider 14 gekoppeld. Ter plaatse van het aansluitgebied 7 van het basis gebied 4 is de geleider 14 onderbroken weergegeven in verband met de weergave van dat aansluitgebied 7 dat in werkelijkheid ligt achter het vlak van de tekening waarin zich de geleider 14 bevindt. De bovenzijde als ook de zijvlakken van de strookvormige geleider 14 zijn bedekt met een verdere laag 16 van siliciumdioxide waardoor de geleider 14 omgeven is door materiaal ( $\text{SiO}_2$ ) dat een lagere brekingsindex ( $n = 1.4$ ) heeft dan siliciumnitride waarvan de brekingsindex ongeveer 1.8 is. De dwarsdoorsnede van het siliciumnitride deel

van de geleider 14 meet ongeveer  $1\text{ }\mu\text{m} \times 1\text{ }\mu\text{m}$ . De  $\text{SiO}_2$  lagen 9,16 zijn enkele tienden van een  $\mu\text{m}$  dik.

De inrichting 10 van dit voorbeeld omvat een geïntegreerd circuit waarvan twee delen die onderling elektrisch geïsoleerd zijn, optisch met elkaar kunnen communiceren. Het eerste deel is in Fig. 1 weergegeven, een tweede deel bevindt zich rechts daarvan en een ander uiteinde van de stralingsgeleider 14 is daar weer van een spiegelvlak voorzien waardoor straling uit de geleider 14 in het halfgeleiderlichaam 1 kan treden en daar door bijvoorbeeld een onder een sperspanning staande stralingsgevoelige pn-overgang gedetecteerd worden.

Hier bevat het halfgeleiderlichaam 1 een aantal geschikt gedoteerde halfgeleidergebieden 60,70,80 waarop zich de aansluitgebieden 6,7,8 van de transistor bevinden en die onderling elektrisch van elkaar gescheiden zijn door middel van zogenaamde trench isolatie gebieden 20 die siliciumdioxide bevatten. Geleidersporen 61,71 koppelen respectievelijk het emitter gebied 3 en het basisgebied 4 aan de betreffende halfgeleidergebieden 60,70. Het halfgeleidergebied 80 is rechtstreeks met het collector gebied 5 verbonden. Verder bevat de inrichting 10 andere isolerende lagen 30,31, hier ook van siliciumdioxide, die voor een benodigde onderlinge elektrische isolatie zorgen tussen de geleidersporen 61,71 en die het halfgeleiderlichaam 1 scheiden van de lijmlaag 12.

De vervaardiging van de inrichting 10 van dit voorbeeld zal thans toegelicht worden.

Fig. 2 t/m 5 tonen schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting de inrichting 10 van dit voorbeeld in opeenvolgende stadia van de vervaardiging met behulp van een uitvoeringsvorm van een werkwijze volgens de uitvinding. Uitgegaan wordt (zie Fig. 2) van een halfgeleidersubstraat 222 van n-type silicium waarin door middel van een zuurstof ionenimplantatie een elektrisch isolerende laag 9 gevormd wordt. Daarboven bevindt zich dan een deel 111 waaruit een halfgeleiderlichaam 1 gevormd zal worden en daaronder bevindt zich een verder deel 22 dat als tijdelijk substraat van de te vormen inrichting 10 fungeert. Er kan ook uitgegaan worden van een silicon on insulator (SOI) wafer. Het halfgeleiderlichaam 111 wordt dan gevormd door de silicium laag van de SOI wafer.

Hierna wordt (zie Fig. 3) in het deel van 111 van het substraat 222 een bipolaire transistor, zoals bij de bespreking van Fig. 1 omschreven, gevormd. Daarbij wordt het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 uiteindelijk afgedekt met behulp van de isolerende laag 31.

Vervolgens wordt (zie Fig. 4) een glas substraat 2 op de inrichting bevestigd met behulp van een lijmlaag 12.

5 Dan wordt (zie Fig. 5) het tijdelijk substraat 22 door middel van etsen in een waterige oplossing van KOH verwijderd. De isolerende laag 9 van siliciumdioxide fungeert daarbij als etstoplaag en deze komt uiteindelijk bloot te liggen en vormt een optisch  
10 transparante bedekking van het vrij oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 waaraan het collector gebied 5 grenst. Dan wordt (zie Fig. 1) door middel van opdampen, fotolithografie en etsen de van een opening 11A voorziene poortelektrode 11 gevormd. Tegelijkertijd worden dan de aansluitgebieden 6,7,8 gevormd. Van tevoren zijn op de gewenste plaatsen  
10 waar de halfgeleidergebieden 60,70,80 aan het oppervlak grenzen, daartoe openingen in de isolerende laag 9 aangebracht.

Hierna wordt eveneens door middel van opdampen gevolgd door fotolithografie en etsen de strookvormige stralingsgeleider 14 gevormd en wordt een boven  
15 de opening 11A liggend uiteinde daarvan voorzien van een onder 45 graden met het oppervlak staand zijvlak. Dit wordt bedampt met een metaal laag 15 die als spiegel fungeert en de straling vanuit het halfgeleiderlichaam 1 in de stralingsgeleider 14 brengt. De vervaardiging van laatstgenoemde wordt voltooid door het aanbrengen van een siliciumdioxide laag 16 waardoor bovenzijde en zijvlakken van de strookvormige stralingsgeleider 14 bedekt worden met een laag met een lagere brekingsindex. Individuele,  
20 voor gebruik gereede, inrichtingen 10 kunnen nu verkregen worden door middel van een separatie techniek zoals zagen.

Fig. 6 toont schematisch en in een dwarsdoorsnede loodrecht op de dikterichting een tweede uitvoeringsvoorbeeld van een straling-emitterende halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding. De belangrijkste verschillen met de inrichting  
25 van een eerder voorbeeld zijn de volgende. Op de eerste plaats is in dit voorbeeld het deelgebied 5B van het collector gebied gevormd aan het begin van de vervaardiging. Het deel 111 van de te vormen inrichting omvat dan een zeer dunne, bij voorbeeld 20 nm dikke n+ laag 5B waarop een dikkere n- laag 5A wordt aangebracht. Een belangrijk voordeel hierbij is dat een structuur zoals in Fig. 2 weergegeven en waarbij het deel 111 nog slecht een zeer  
30 dunnen n+ laag 5B omvat bij gespecialiseerde bedrijven ingekocht kan worden. Het daarna aanbrengen van een dikkere n- laag 5A op de dunne n+ laag 5B hoeft tot nagenoeg geen verbreding van de dunne n+ laag 5B aanleiding te geven. In verband met de aanwezigheid van de dunne n+ laag 5B bevat de inrichting 10 van dit voorbeeld ook geen poortelektrode. Op de tweede plaats bevat in dit voorbeeld het basisgebied 4 een deel 4A, dat grenst aan het

eerste deelgebied 5A van het collector gebied 5, dat een mengkristal van silicium en germanium bevat. Door deze locale verlaging van de bandafstand in het basisgebied 4 kan de collector stroom voldoende groot worden om tot generatie van straling te komen. Het deel 4A van het basisgebied 4 bevat hier 30 at.% germanium en is ongeveer 20 nm dik. Verder bevat  
5 het basisgebied 4 een daarop liggend deel 4C van silicium en 30 nm dik en gebieden 4B die gevormd zijn door middel van uitdiffusie vanuit een polykristallijne p+ type silicium laag 71 die hier tevens als geleiderspoor fungeert. Ook het n-type emitter gebied 3 is hier gevormd door middel van uitdiffusie vanuit een polykristallijne siliciumlaag 33 met een n-type verontreiniging. De polykristallijne lagen 71,33 zijn onderling gescheiden door middel van  
10 een dunne siliciummitride laag 35. Behalve de genoemde ionenimplantatie ten behoeve van het deelgebied 5B van het collector gebied 5 en de details met betrekking tot de vervaardiging van de bipolaire transistor, verschilt de vervaardiging met behulp van een werkwijze volgens de uitvinding niet aan de vervaardiging van de inrichting 10 van het eerdere voorbeeld en besproken aan de hand van de Figs. 2 t/m 5.

15 De uitvinding is niet beperkt tot het beschreven uitvoeringsvoorbeeld daar voor de vakman binnen het kader van de uitvinding vele variaties en modificaties mogelijk zijn. Zo kunnen inrichtingen vervaardigd zijn met een andere geometrie en/of andere afmetingen.

20 In plaats van een halfgeleiderlichaam van Si kan ook een halfgeleiderlichaam van Ge of III-V verbindingen zoals GaAs of InP zijn toegepast. De uitvinding biedt in het bijzonder een voordeel indien dergelijke halfgeleidermaterialen van indirecte type zijn zoals InAs of AIP.

25 In het geval van een halfgeleiderlichaam van Si hoeft dit niet noodzakelijkerwijs (uitsluitend) monokristallijn silicium te bevatten. Ook polykristallijn delen zijn voor bepaalde toepassingen geschikt.

Verder wordt opgemerkt dat de inrichting verdere actieve en passieve halfgeleiderelementen of elektronische componenten kan bevatten zoals dioden en/of transistoren en weerstanden en/of capaciteiten, al dan niet in de vorm van een geïntegreerde schakeling. De vervaardiging wordt daarbij uiteraard doelmatig aangepast.

## CONCLUSIES:

1. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) met een halfgeleiderlichaam (1) en een substraat (2), waarbij het halfgeleiderlichaam (1) een verticale bipolaire transistor omvat met een emitter gebied (3), een basis gebied (4) en een collector gebied (5) die elk voorzien zijn van een aansluitgebied (6,7,8), waarbij de grens tussen het basis gebied (4) en het collector gebied (5) een pn-junctie vormt, en tijdens bedrijf bij een sperspanning over de pn-overgang of bij een voldoende hoge collector stroom avalanche multiplicatie van ladingsdragers optreedt waarbij straling gegenereerd wordt in het collector gebied (5), met het kenmerk, dat het collector gebied (5) een dikte heeft waardoor transmissie van de gegenereerde straling optreedt en het collector gebied (5) grenst aan een vrij oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1).
2. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 1, waarbij het collector gebied (5) een aan het basis gebied (4) grenzend eerste deelgebied (5A) bevat en een aan het eerste deelgebied (5A) grenzend tweede deelgebied (5B) bevat dat een hogere geleidbaarheid heeft dan het eerste deelgebied (5A), met het kenmerk, dat het tweede deelgebied (5B) van het collector gebied (5) een geringere dikte bezit dan het eerste deelgebied (5A) en grenst aan het vrije oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1).
3. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1) waaraan het collector gebied (5) grenst, bedekt is met een laag (40) die een elektroluminescerend materiaal omvat.
4. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1) waaraan het collector gebied (5) grenst, bedekt is met een elektrisch isolerende laag (9) die transparant is voor de gegenereerde straling en waarop zich een poort elektrode (11) bevindt met een voor de gegenereerde straling transparant deel (11A).

5. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat tijdens bedrijf van de inrichting (10) het tweede deelgebied (5B) van het collector gebied (5) gevormd wordt door een met behulp van de poort elektrode (11) in het eerste deelgebied (5A) geïnduceerd geleidend kanaal nabij het vrije oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1).
6. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de poort elektrode (11) een metaallaag omvat die voorzien is van een opening (11A).
7. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens conclusie 1, 2, 4, 5 of 6, met het kenmerk, dat een aan het eerste deelgebied (5A) van het collector gebied (5) grenzend deel (4A) van het basisgebied (4) een halfgeleidermateriaal bevat met een kleinere bandafstand dan de rest van het basis gebied (4B,4C) en het collector gebied (5).
8. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het halfgeleiderlichaam (1) met een tegenover het vrije oppervlak, waaraan het collector gebied (5) grenst, liggend verder oppervlak op het substraat (2) bevestigd is door middel van een lijmlaag (12).
9. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de aansluitgebieden (6,7,8) van het emitter gebied (3), het basisgebied (4) en het collector gebied (5) zich bevinden aan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1) waaraan het collector gebied (5) grenst.
10. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat zich op het oppervlak waaraan het collector gebied (5) grenst, een stralingsgeleider (14) bevindt die voorzien is van middelen (15) voor het in de stralingsgeleider (14) koppelen van de in de inrichting (10) gegenereerde straling.
11. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de inrichting (10) een geïntegreerd circuit vormt met twee elektrisch van elkaar geïsoleerde gebieden die door middel van de genereerde straling optisch met elkaar in verbinding staan.

12. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het materiaal van het halfgeleiderlichaam (1) silicium omvat en een eventueel deel (4A) van het basisgebied (4) dat een halfgeleidermateriaal bevat met een kleinere bandafstand een samenstelling van silicium en germanium omvat.
13. Straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10) volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het substraat (2) een isolator omvat.
- 10 14. Werkwijze ter vervaardiging van een straling-emitterende halfgeleiderinrichting (10), waarbij in een halfgeleiderlichaam (1) een verticale bipolaire transistor gevormd wordt met een collector gebied (5), een basis gebied (4) en een emitter gebied (3) die elk voorzien worden van een aansluitgebied (6,7,8), met het kenmerk, dat het halfgeleiderlichaam (1) gevormd wordt als een dunne laag (111) van een halfgeleidend materiaal gescheiden van een tijdelijk substraat (22) door middel van een elektrisch isolerende laag (9) en in het halfgeleiderlichaam (1) de verticale bipolaire transistor gevormd wordt, vervolgens op een tegenover de elektrisch isolerende laag (9) liggende zijde van het halfgeleiderlichaam (1) het substraat (2) bevestigd wordt waarna het tijdelijk substraat (22) verwijderd wordt.
- 15 20 15. Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk dat het substraat (2) bevestigd wordt door middel van een lijmlaag (12) op de tegenover de elektrisch isolerende laag (9) liggende zijde van het halfgeleiderlichaam.
- 25 16. Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk dat de elektrisch isolerende laag (9) verwijderd wordt waardoor het collector gebied (5) grenst aan een vrij halfgeleideroppervlak.
17. Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat over de isolerende laag (9) een elektrisch geleidende laag wordt aangebracht die transparant is voor straling.
- 30 17. Werkwijze volgens conclusie 17, met het kenmerk dat de elektrisch geleidende laag als gate fungeert en in het collector gebied (5) een inversie kanaal gevormd wordt.

19.           Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat in een  
halfgeleidersubstraat (222) de elektrisch isolerende laag (9) gevormd wordt door middel van  
ionen implantatie waarbij het halfgeleiderlichaam (1) gevormd wordt door een boven de  
isolerende laag (9) liggende deel (111) van het halfgeleidersubstraat (222) en het tijdelijk  
5 substraat (22) gevormd wordt door het onder de isolerende laag (9) liggende deel (22) van het  
halfgeleidersubstraat (222).
19.           Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat de dunne laag (111)  
van een halfgeleidend materiaal gevormd wordt door de silicium laag van een silicium on  
10 insulator wafer,
20.           Werkwijze volgens een der voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het  
oppervlak van het halfgeleiderlichaam (1) waaraan het collector gebied (5) grenst, een  
stralingsgeleider (14) wordt aangebracht die voorzien wordt van middelen (15) voor het in de  
15 stralingsgeleider (14) koppelen van de tijdens bedrijf in de inrichting (10) te genereren  
straling.



## ABSTRACT:

Radiation emitting semiconductor device and method of manufacturing such a device.

The invention relates to a radiation-emitting semiconductor device (10) with a semiconductor body (1) and a substrate (2), wherein the semiconductor body (1) comprises a vertical bipolar transistor with an emitter region (3), a base region (4) and a collector region (5) each being provided with a connection region (6,7,8), in which the border between the base region (4) and the collector region (5) forms a pn-junction and in operation at a reverse bias of the pn-junction or at a sufficiently large collector current avalanche multiplication of charge carriers occurs whereby radiation is generated in the collector region (5). According to the invention the collector region (5) has a thickness through which transmission of the generated radiation occurs and the collector region (5) borders a free surface of the semiconductor body (1).

In this way less of the generated radiation is lost by absorption and the radiation generated is more readily available to serve as an optical signal for e.g. another part of the device (10) or for another device (10). A second subregion (5B) in the collector region (5) may for example be made with the aid of a gate electrode (11) with which a conducting channel can be induced in the semiconductor body (1). Preferably, a radiation conductor (14) is present on the surface of the latter. The invention further comprises a method of manufacturing a device (10) according to the invention.

20

See fig. 1



PHNL021172

2/3

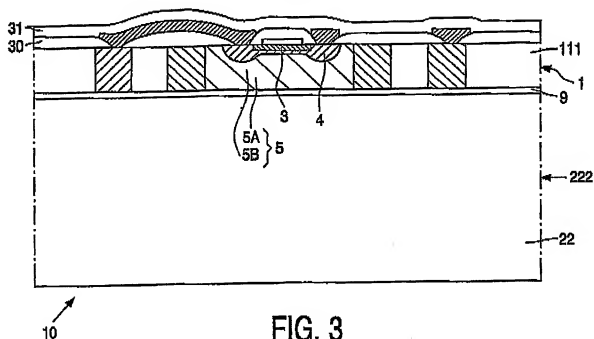


FIG. 3

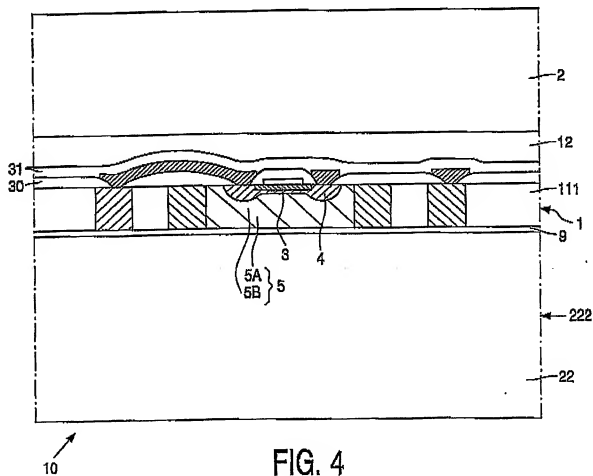


FIG. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: small text

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**